

5

10

Einspritzdüse für Brennkraftmaschinen

Stand der Technik

15

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Einspritzdüse für Brennkraftmaschinen mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

20

Eine derartige Einspritzdüse ist beispielsweise aus der DE 100 58 153 A1 bekannt und besitzt einen Düsenkörper, an dem wenigstens ein erster Spritzloch sowie wenigstens ein zweites Spritzloch ausgebildet sind. In einer ersten Nadelführung des Düsenkörpers ist eine als Hohl-nadel ausgebildete erste Düsennadel geführt, mit der die Einspritzung von Kraftstoff durch das wenigstens eine erste Spritzloch steuerbar ist. In der ersten Düsennadel ist

25

koaxial eine zweite Düsennadel angeordnet, mit der die Einspritzung von Kraftstoff durch das wenigstens eine zweite Spritzloch steuerbar ist. Bei der bekannten Einspritzdüse ist die zweite Düsennadel mit einem

30

Antriebskolben antriebsverbunden, der in einem Stellraum eine bei Druckbeaufschlagung in Schließrichtung wirksame Steuerfläche aufweist. Die zweite Düsennadel besitzt eine Druckstufe, d.h. eine Querschnittsfläche eines zwischen zweiter Düsennadel und Düsenkörper ausgebildeten zweiten Ventilsitzes ist kleiner als eine Querschnittsfläche einer in der ersten Düsennadel zur Führung der zweiten Düsennadel

35

ausgebildeten zweiten Nadelführung. Bei geöffneter erster
Düsennadel wird die Druckstufe der zweiten Düsennadel mit
Druck beaufschlagt, wobei die Druckstufe der zweiten
Düsennadel in Öffnungsrichtung wirkt. Wenn bei geöffneter
5 erster Düsennadel zusätzlich auch die zweite Düsennadel
geöffnet werden soll, kann im Steuerraum der Druck
abgesenkt werden, so dass die Öffnungskraft an der
Druckstufe der zweiten Düsennadel überwiegt. Der zur
Betätigung der zweiten Düsennadel erforderliche Aufwand ist
10 hierbei relativ groß.

Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Einspritzdüse mit den Merkmalen des
15 unabhängigen Anspruchs hat dem gegenüber den Vorteil, dass
zur Betätigung der zweiten Düsennadel kein separater
Steuerraum hinsichtlich des darin herrschenden Drucks
kontrolliert werden muss. Die Erfindung beruht auf dem
allgemeinen Gedanken, zur Betätigung der zweiten Düsennadel
20 einen mechanischen Mitnehmer vorzusehen, der die
Hubbewegung der ersten Düsennadel ab einem vorbestimmten
Vorhub der ersten Düsennadel mit einer Hubbewegung der
zweiten Düsennadel koppelt. Bei der Erfindung wird somit
das Öffnen der zweiten Düsennadel in Abhängigkeit des
25 Öffnungshubs der ersten Düsennadel gesteuert. Beim Öffnen
der ersten Düsennadel bleibt die zweite Düsennadel solange
geschlossen, bis der Öffnungshub der ersten Düsennadel den
vorbestimmten Vorhub erreicht. Ab diesem Vorhub kann dann
die erste Düsennadel die zweite Düsennadel mitnehmen,
30 wodurch auch die zweite Düsennadel geöffnet wird. Der
Öffnungshub der ersten Düsennadel kann in herkömmlicher
Weise mittels eines entsprechenden Aktuators, insbesondere
eines Piezoaktors, gesteuert werden. Dabei können die
Öffnungszeiten und ein Abstand zwischen dem
35 Öffnungszeitpunkt der ersten Düsennadel und dem
Öffnungszeitpunkt der zweiten Düsennadel quasi beliebig

variiert werden. Dementsprechend können mit einem einzigen Aktuator beide Düsennadeln nacheinander zum Öffnen angesteuert werden. Der Aufwand zur Realisierung einer Ansteuerung der zweiten Düsennadel wird somit erheblich reduziert.

Entsprechend einer besonders vorteilhaften Ausführungsform kann die zweite Düsennadel so ausgestaltet sein, dass sie keine Druckstufe besitzt. Bei dieser Bauweise entspricht die Querschnittsfläche im Dichtsitz der zweiten Düsennadel der Querschnittsfläche einer für die zweite Düsennadel vorgesehenen zweiten Nadelführung. Diese Bauweise hat zur Folge, dass sich die an der zweiten Düsennadel in Öffnungsrichtung wirksamen Druckkräfte beim Öffnen der ersten Düsennadel nicht ändern. Desweiteren ergeben sich bei geöffneter erster Düsennadel an dem den Spritzlöchern zugeordneten Ende der zweiten Düsennadel keine in Öffnungsrichtung wirksamen (hydraulischen) Druckkräfte. Durch diese Bauweise wird ein vereinfachter Aufbau für die Einspritzdüse unterstützt.

Bei einer Weiterbildung kann die zweite Düsennadel mit ihrem von den Spritzlöchern entfernten Ende in einem ersten Leckageraum angeordnet sein, wobei die zweite Düsennadel dann mit einer zweiten Feder in Schließrichtung vorgespannt ist. Der Leckageraum ist üblicherweise relativ drucklos, so dass an der zweiten Düsennadel im wesentlichen nur die zweite Feder in Schließrichtung wirkt. Insbesondere in Verbindung mit der fehlenden Druckstufe an der zweiten Düsennadel kann die zweite Düsennadel somit mit vergleichsweise kleinen Kräften geschlossen bzw. geöffnet werden. Dies ist für die vorgesehene mechanische Kopplung von besonderem Vorteil, da so Verschleißerscheinungen reduziert werden können.

Zweckmäßig können an den Düsennadeln ausgebildete Mitnehmerkonturen, die bei Erreichen des Vorhubs die gewünschte mechanische Zwangskopplung zwischen den Düsennadeln erzeugen, so angeordnet sein, dass sie im ersten Leckageraum miteinander zusammenwirken.

Dementsprechend herrscht in der Umgebung der Mitnehmerkonturen ein relativ geringer Umgebungsdruck, was die ordnungsgemäße Funktion der Mitnehmerkonturen unterstützt.

Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der erfindungsgemäßen Einspritzdüse ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus den Zeichnungen und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnungen.

Zeichnungen

Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Einspritzdüse sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden näher erläutert, wobei sich gleiche Bezugszeichen auf gleiche oder ähnliche oder funktional gleiche Bauteile beziehen. Es zeigen, jeweils schematisch,

Fig. 1 bis 3 stark vereinfachte Längsschnitte durch Einspritzdüsen bei unterschiedlichen Ausführungsformen.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Entsprechend Fig. 1 weist eine erfindungsgemäße Einspritzdüse 1 einen Düsenkörper 2 auf. Der Düsenkörper 2 ist mit wenigstens einem ersten Spritzloch 3 und mit wenigstens einem zweiten Spritzloch 4 ausgestattet, die in einen Brennraum oder Vormischraum 5 einer im übrigen nicht gezeigten Brennkraftmaschine einmünden. Üblicherweise sind

mehrere erste Spritzlöcher 3 und/oder mehrere zweite Spritzlöcher 4 vorgesehen.

5 Der Düsenkörper 2 enthält eine erste Nadelführung 6, in der eine erste Düsennadel 7 hubbeweglich verstellbar gelagert ist. Die erste Düsennadel 7 ist als Hohl-nadel ausgebildet und enthält eine zweite Nadelführung 8, in der eine zweite Düsennadel 9 hubbeweglich verstellbar gelagert ist. Die zweite Düsennadel 9 ist dabei coaxial zur ersten Düsennadel 10 7 angeordnet.

15 Zwischen einer den Spritzlöchern 3, 4 zugewandten ersten Nadelspitze 10 und einer die Spritzlöcher 3, 4 enthaltenden Düsen-spitze 11 ist ein ringförmiger erster Dichtsitz 12 ausgebildet, der stromauf der ersten Spritzlöcher 3 20 angeordnet ist. Die Querschnittsfläche 13 im ersten Dichtsitz 12 ist dabei kleiner als die Querschnittsfläche 14 der ersten Nadelführung 6, wodurch die ersten Düsen-nadel 7 eine Druckstufe besitzt. Die jeweiligen Querschnitte 13, 14 sind dabei durch Pfeile symbolisiert.

25 Desweiteren ist zwischen einer den Spritzlöchern 3, 4 zugewandten zweiten Nadelspitze 15 der zweiten Düsen-nadel 9 und der Düsen-spitze 11 ein zweiter Dichtsitz 16 ausgebildet, der zwischen dem wenigstens einen ersten Spritzloch 3 und dem wenigstens einen zweiten Spritzloch 4 30 angeordnet ist. Im Unterschied zur ersten Düsen-nadel 7 besitzt die zweite Düsen-nadel 9 bei der hier gezeigten Ausführungsform keine Druckstufe, d.h., die Querschnittsfläche 17 des zweiten Dichtsitzes 16 ist gleich 35 groß wie die Querschnittsfläche 18 der zweiten Nadelführung 8.

Durch die gewählte Positionierung der Dichtsitze 12, 16 ist 35 mit der ersten Düsen-nadel 7 das wenigstens eine erste

Spritzloch 3 steuerbar, während mit der zweiten Düsennadel 9 das wenigstens eine zweite Spritzloch 4 steuerbar ist.

5 Erfindungsgemäß ist nun an der ersten Düsennadel 7 eine erste Mitnehmerkontur 19 ausgebildet, die hier in Form einer Ringstufe ausgestaltet ist. An der zweiten Düsennadel 9 ist korrespondierend zur ersten Mitnehmerkontur 19 eine zweite Mitnehmerkontur 20 ausgebildet. Auch die zweite Mitnehmerkontur 20 kann durch eine entsprechend
10 ausgestaltete Ringstufe gebildet sein. In der hier gezeigten Ausführungsform sind zur Ausbildung der zweiten Mitnehmerkontur 20 zumindest zwei radial abstehende Stege 21 vorgesehen, die eine Querbohrung 22 an einem von der zweiten Nadelspitze 15 entfernten Ende 23 der zweiten
15 Düsennadel 9 eingesetzt sind. Grundsätzlich können für die Ausgestaltung der Mitnehmerkonturen 19, 20 auch andere Konstruktionen geeignet sein.

20 In dem in Fig. 1 gezeigten Ausgangszustand sind beide Düsennadeln 7, 9 geschlossen. Die Mitnehmerkonturen 19, 20 sind so angeordnet, dass in der Schließstellung beider Düsennadeln 7, 9 in der Hubrichtung ein Abstand 24 zwischen den beiden Mitnehmern 19, 20 ausgebildet ist. Dieser Abstand 24 wird im folgenden auch als Vorhub 24 bezeichnet.

25 Der Düsenkörper 2 enthält außerdem eine Zuführungsleitung 25, die zur Versorgung der Spritzlöcher 3, 4 mit einem unter Hochdruck stehenden Kraftstoff dient. Die Zuführungsleitung 25 kommt üblicherweise von einem hier
30 nicht gezeigten Hochdrucksammelraum, der mit einer entsprechenden Hochdruckpumpe gespeist wird, sogenanntes „Common-Rail-Prinzip“. Die Zuführungsleitung 25 führt im Düsenkörper 2 zu einem Düsenraum 26, von dem aus die Spritzdüsen 3, 4 über einen Ringraum 27 mit Kraftstoff
35 gespeist werden.

Im Düsenkörper 2 ist außerdem ein Übersetzerkolben 28
hubverstellbar gelagert. Dieser Übersetzerkolben 28 bildet
üblicherweise einen Bestandteil der ersten Düsennadel 7,
bzw. ist der Übersetzerkolben 28 zumindest mit der ersten
Düsennadel 7 zur Übertragung von Zug- und Druckkräften in
der Hubrichtung gekoppelt. Der Übersetzerkolben 28 besitzt
eine erste Fläche 29, die in einem Kompensatorraum 30
angeordnet und dem dort herrschenden Druck ausgesetzt ist.
Der Kompensatorraum 30 kommuniziert über eine Bohrung 31
mit der Zuführungsleitung 25, so dass im Kompensatorraum 30
üblicherweise der Kraftstoffhochdruck herrscht. Im Bereich
des Kompensatorraums 30 ist außerdem eine erste Feder 32
angeordnet, die sich einerseits am Düsenkörper 2 und
andererseits am Übersetzerkolben 28 abstützt, wobei die
erste Feder 32 den Übersetzerkolben 28 und somit die erste
Düsennadel 7 in deren Schließrichtung vorspannt. Da die
erste Fläche 29 von der ersten Nadelspitze 10 abgewandt
ist, wirkt die erste Fläche 29 bei einer
Druckbeaufschlagung in Schließrichtung der ersten
Düsennadel 7.

Der Übersetzerkolben 28 muss dabei nicht fest mit der
ersten Düsennadel 7 verbunden sein, da einerseits die
Druckstufe der ersten Düsennadel 7 und andererseits die
Vorspannkraft der ersten Feder 32 sowie die Druckkräfte im
Kompensatorraum 30 gegeneinander wirken, so dass der
Übersetzerkolben 28 und die erste Düsennadel 7 bei einer
Trennstelle 49 axial aneinander liegen können, ohne direkt
miteinander verbunden zu sein. Dennoch bilden die erste
Düsennadel 7 und der Übersetzerkolben 28 eine funktionale
Einheit, deren Teilkomponenten 7, 28 gemeinsam bzw.
synchron hubverstellt werden.

Am Übersetzerkolben 28 ist außerdem eine zweite Fläche 33
ausgebildet, die in einem ersten Steuerraum 34 angeordnet
und dort mit Druck beaufschlagbar ist. Da die zweite Fläche

33 der ersten Nadelspitze 10 zugewandt ist, wirkt die zweite Fläche 33 bei einer Druckbeaufschlagung in Öffnungsrichtung der ersten Düsenadel 7. Der erste Steuerraum 34 kommuniziert über einen Steuerkanal 35 mit einem zweiten Steuerraum 36. In diesem zweiten Steuerraum 36 ist eine dritte Fläche 37 angeordnet und mit Druck beaufschlagbar. Diese dritte Fläche 37 ist dabei an einem Aktorkolben 38 ausgebildet, der mit einem nicht gezeigten Aktor oder Aktuator, der insbesondere als Piezoaktor ausgestaltet sein kann, antriebsverbunden ist.

Der zweite Steuerraum 36 ist über einen Einspeiskanal 39 an die Zuführungsleitung 25 angeschlossen, wobei im Einspeiskanal 39 ein Einspeisventil 40 angeordnet ist. Dieses Einspeisventil 40 kann beispielsweise als Rückschlagsperrventil ausgestaltet sein, das zum zweiten Steuerraum 36 hin öffnet und zur Zuführungsleitung 25 hin sperrt.

Zwischen dem Aktorkolben 38 und dem Übersetzerkolben 28 kann ein Übersetzungsverhältnis für die daran angreifenden Kräfte ausgebildet werden. Das Übersetzungsverhältnis ergibt sich dabei aus der Relation der dritten Fläche 37 zur zweiten Fläche 33. Im vorliegenden Fall entspricht die dritte Fläche 37 der Querschnittsfläche 41 des Aktorkolbens 38, während sich die zweite Fläche 33 durch die Querschnittsfläche 42 des Übersetzerkolbens 28 an einem von der ersten Nadelspitze 10 entfernten Ende 43 der ersten Düsenadel 7 abzüglich der Querschnittsfläche 44 des Übersetzerkolbens 28 in einem im Bereich der zweiten Fläche 33 an das Ende 43 anschließenden Abschnitt ergibt.

Wie bereits weiter oben erläutert, bildet der Übersetzerkolben 28 zusammen mit der ersten Düsenadel 7 eine gemeinsam hubverstellbare Einheit. In der vorliegenden Ausführungsform ist die erste Mitnehmerkontur 19 der ersten

Düsennadel 7 am Übersetzerkolben 28 ausgebildet. Das von der zweiten Nadelspitze 15 entfernte Ende 23 der zweiten Düsennadel 9 ist vorzugsweise in einem ersten Leckageraum 45 angeordnet. Der erste Leckageraum 45 ist über eine
5 Leckageleitung 46 mit einem relativ drucklosen Reservoir verbunden. In Hubrichtung zwischen dem Düsenraum 26 und dem ersten Steuerraum 34 ist ein zweiter Leckageraum 47 angeordnet, der über wenigstens eine Bohrung 48 mit dem
10 ersten Leckageraum 45 kommuniziert. In diesem zweiten Leckageraum 47 können Leckagen, die zwischen dem Außenumfang der ersten Düsennadel 7 und der ersten Nadelführung 6 entstehen, abgeführt werden.

Die zweite Düsennadel 9 ist mit Hilfe einer zweiten Feder 50 in Schließrichtung vorgespannt. Die zweite Feder 50 stützt sich dabei einerseits am Düsenkörper 2 und
15 andererseits an dem von den Spritzlöchern 3, 4 entfernten Ende 23 der zweiten Düsennadel 9 ab. Die zweite Feder 50 ist somit im ersten Leckageraum 45 angeordnet. Desweiteren sind die Mitnehmerkonturen 19, 20 ebenfalls im ersten
20 Leckageraum 45 positioniert.

Die Einspritzdüse 1 entsprechend der Ausführungsform gemäß Fig. 1 arbeitet wie folgt:

25 Im Ausgangszustand gemäß Fig. 1 herrscht in den Steuerräumen 34 und 36 sowie im Kompensatorraum 30 der Hochdruck, der auch in der Zuführungsleitung 25 und im Düsenraum 26 herrscht.

30 Um eine Kraftstoffeinspritzung durch das wenigstens eine erste Spritzloch 3 zu ermöglichen, führt der Aktorkolben 38 einen Hub durch, der das Volumen des zweiten Steuerraums 36 verringert. Die vom Aktorkolben 38 zum Öffnen der
35 Düsennadeln 7, 9 durchgeführte Hubbewegung ist in Fig. 1 durch einen Pfeil 67 symbolisiert.

Durch diesen Öffnungshub des Aktorkolbens 38 nimmt der Druck im zweiten Steuerraum 36 zu. Dieser Druck pflanzt sich über den Steuerkanal 35 in den ersten Steuerraum 34 fort. Folglich führt der Übersetzerkolben 28 einen Öffnungshub durch, wobei dieser die ersten Düsennadel 7 mitnimmt und/oder wobei die erste Düsennadel 7 durch ihre Druckstufe in Öffnungsrichtung angetrieben ist und dem Übersetzerkolben 28 folgt. Mit andern Worten, die an der Einheit aus erster Düsennadel 7 und Übersetzerkolben 28 herrschende Kräftebilanz führt zu einer in Öffnungsrichtung wirksamen resultierenden Kraft. Das bedeutet, die erste Düsennadel 7 führt eine Öffnungsbewegung durch, bei der die erste Nadelspitze 10 vom ersten Dichtsitz 12 abhebt, so dass das wenigstens eine erste Spritzloch 3 mit dem Düsenraum 26 verbunden ist und Kraftstoff in den Brennraum 5 oder Vormischraum 5 einspritzen kann.

Solange die Öffnungsbewegung der ersten Düsennadel 7 kleiner ist als der Vorhub 24 bleibt die zweite Düsennadel 9 in ihrer Schließstellung. Sobald jedoch die Öffnungsbewegung der ersten Düsennadel 7 den Vorhub 24 erreicht, kommen die Mitnehmerkonturen 19, 20 in Kontakt bzw. in Eingriff.

Wenn für die erwünschte Kraftstoffeinspritzung das wenigstens eine erste Spritzloch 3 nicht ausreicht und zusätzliche eine Kraftstoffeinspritzung durch das wenigstens eine zweite Spritzloch 4 durchgeführt werden soll, wird der Aktor zur Durchführung einer weitergehenden Hubverstellung des Aktorkolbens 38 angesteuert. Bei einer über den Vorhub 24 hinausgehenden Öffnungsbewegung der ersten Düsennadel 7 nimmt daher die erste Düsennadel 7 durch die Zwangskopplung der miteinander zusammenwirkenden Mitnehmerkonturen 19, 20 die zweite Düsennadel 9 mit, wodurch deren zweite Nadelspitze 15 vom zweiten Dichtsitz

16 abhebt. Bei geöffneter zweiter Düsennadel 9 kommuniziert dann auch das wenigstens eine zweite Spritzloch 4 mit dem Düsenraum 26 und kann dementsprechend Kraftstoff in den Raum 5 eindüsen.

5

Da die zweite Düsennadel 9 keine Druckstufe besitzt, sind die von der ersten Düsennadel 7 zur Mitnahme der zweiten Düsennadel 9 aufzubringenden Kräfte vergleichsweise gering, da im wesentlichen nur die Schließkraft der zweiten Feder 50 überwunden werden muss.

10

Wenn der Einspritzvorgang beendet werden soll, wird der Aktor zum Zurückfahren des Aktorkolbens 38 angesteuert. Dadurch sinkt in den Steuerräumen 34 und 36 der Druck zumindest bis auf den Druck in der Zuführungsleitung 25 ab. Der Druck kann jedoch auch tiefer absinken, da auch das Einspeisventil 40 einen Druckabfall erzeugt. Sobald die Schließkräfte überwiegen, wird die erste Düsennadel 7 wieder in Schließrichtung angetrieben. Bei geschlossener erster Düsennadel 7 ist die zweite Düsennadel 9 an der zweiten Nadelspitze 15 drucklos, so dass spätestens dann die Schließkraft der zweiten Feder 50 auch die zweite Düsennadel 9 schließt.

15

20

25

Beim erfindungsgemäßen Einspritzventil 1 kann somit über den einstellbaren Hub des Aktorkolbens 38 der Hub der ersten Düsennadel 7 eingestellt werden. Über den Öffnungshub der ersten Düsennadel 7 kann auch die zweite Düsennadel 9 zum Öffnen angesteuert werden. Die Betätigung der beiden Düsennadel 7, 9 kann somit mit nur einen einzigen Aktor realisiert werden, wodurch die erfindungsgemäße Einspritzdüse 1 besonders preiswert herstellbar ist.

30

35

In Fig. 2 in ein zweites Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Einspritzdüse 1 dargestellt. Bezüglich

Übereinstimmungen mit dem ersten Ausführungsbeispiel hinsichtlich Bauteilen und Funktionen wird auf das betreffend Fig. 1 gesagte verwiesen, so dass im nachfolgenden lediglich die Unterschiede zur Ausführungsform gemäß Fig. 1 erläutert werden.

Entsprechend Fig. 2 wird auch bei dieser Ausführungsform die erste Düsennadel 7 von einem Übersetzerkolben 51 angetrieben, der einen Bestandteil der ersten Düsennadel 7 bilden kann oder zumindest mit dieser eine gemeinsam hubverstellbare Einheit bildet. Der Übersetzerkolben 51 besitzt eine erste Fläche 52, die in einem ersten Übersetzerraum 53 angeordnet und in diesem mit einem Druck beaufschlagbar ist. Die erste Fläche 52 ist von der ersten Nadelspitze 10 abgewandt, so dass sie bei Druckbeaufschlagung in Schließrichtung der ersten Düsennadel 7 wirkt. Bei dieser Ausführungsform ist der Übersetzerkolben 51 mit einer ersten Feder 54 in Öffnungsrichtung der ersten Düsennadel 7 vorgespannt. Die erste Feder 54 stützt sich dabei in einem außen am Übersetzerkolben 51 angeordneten zweiten Leckageraum 55 einend am Düsenkörper 2 und anderenends an einer Stufe 56 am Übersetzerkolben 51 ab. Der zweite Leckageraum 55 kommuniziert über wenigstens eine Bohrung 57 mit dem innenliegenden ersten Leckageraum 45.

Der erste Übersetzerraum 53 kommuniziert über einen Übersetzerkanal 58 mit einem zweiten Übersetzerraum 59. In diesem zweiten Übersetzerraum 59 ist eine Rückhubfläche 60 eines Steuerkolbens 61 angeordnet und mit einem Druck beaufschlagbar. Die Rückhubfläche 60 ist dabei von den Spritzlöchern 3, 4 abgewandt. Der Steuerkolben 61 weist außerdem eine Vorhubfläche 62 auf, die den Spritzlöchern 3, 4 zugewandt, in einem Stellerraum 63 angeordnet und mit einem Druck beaufschlagbar ist. Der Stellerraum 63 kommuniziert über eine Bohrung 64 mit der Zuführungsleitung

25. Durch die gewählte Anordnung trennt der Steuerkolben 61 den zweiten Übersetzerraum 59 vom Steuerraum 63. Diese Trennung ist dabei so ausgeführt, dass radial zwischen dem Steuerkolben 61 und einer Steuerkolbenführung 65 ein Drosselpfad 66 ausgebildet ist, über den der zweite Übersetzerraum 59 mit dem Steuerraum 63 (gedrosselt) kommuniziert. Der Drosselpfad 66 ermöglicht bei statischen Zuständen oder bei relativ langsamen Bewegungen einen Druckausgleich zwischen dem Steuerraum 63 und dem zweiten Übersetzerraum 59, so dass im zweiten Übersetzerraum 59 und folglich auch im ersten Übersetzerraum 53 der selbe Druck herrscht wie im Steuerraum 63, also wie in der Zuführungsleitung 25. Bei dynamischen Zuständen, also bei relativ schnellen Hubbewegungen des Steuerkolbens 61 kann der Druckausgleich zwischen Steuerraum 63 und zweitem Übersetzerraum 59 über den Drosselpfad 66 nicht schnell genug stattfinden, so dass der Steuerkolben 61 im zweiten Übersetzerraum 59 relativ zum Steuerraum 63 Überdrücke und Unterdrücke erzeugen kann.

Die erfindungsgemäße Einspritzdüse 1 entsprechend der Ausführungsform gemäß Fig. 2 arbeitet wie folgt:

Im Ausgangszustand gemäß Fig. 2 sind beide Düsennadeln 7, 9 geschlossen. Im ersten Übersetzerraum 53, im zweiten Übersetzerraum 59 und im Steuerraum 63 herrscht derselbe Druck wie in der Zuführungsleitung 25. In diesem Zustand stellt sich an der ersten Düsennadel 7 eine in Schließrichtung wirkende resultierende Kraft ein. Die zweite Düsennadel 9 ist im Bereich ihrer zweiten Nadelspitze 15 relativ drucklos, so dass die Rückstellkraft der zweiten Feder 50 relativ klein dimensioniert sein kann, um die zweite Düsennadel 9 zu schließen.

Wenn nun eine Einspritzung durch das wenigstens eine erste Einspritzloch 3 durchgeführt werden soll, wird ein

entsprechender Aktor zur Durchführung einer Hubbetätigung des Steuerkolbens 51 angesteuert. Diese Hubbewegung ist in Richtung der Spritzlöcher 3, 4 orientiert, was wieder durch den Pfeil 67 angedeutet ist.

5

Bei dieser Bewegung vergrößert sich das Volumen des zweiten Übersetzerraums 59, wodurch dort der Druck abfällt. Dieser Druckabfall pflanzt sich bis in den ersten Übersetzerraum 53 fort, wodurch sich die Kräftebilanz an der ersten Düsennadel 7 ändert. Sobald die in Öffnungsrichtung wirksamen Kräfte der ersten Feder 54 und der Druckstufe der ersten Düsennadel 7 überwiegen, hebt die erste Düsennadel 7 vom ersten Dichtsitz 12 ab, so dass das wenigstens eine erste Spritzloch 3 mit dem Düsenraum 26 kommuniziert und dementsprechend Kraftstoff in den Brennraum/Vormischraum 5 eindüsen kann. Die Hubbewegung 67 des Steuerkolbens 61 ist dabei so dimensioniert, dass die Öffnungsbewegung der ersten Düsennadel 7 nicht den Vorhub 24 übersteigt.

10

15

20

25

30

Falls eine zusätzliche Kraftstoffeindüsung über das wenigstens eine zweite Spritzloch 4 erwünscht ist, wird der Aktor so angesteuert, dass der Steuerkolben 61 eine weitergehende Hubbewegung ausführt. Als Reaktion darauf hebt die erste Düsennadel 7 weiter vom ersten Dichtsitz 12 ab, so dass ihre Öffnungsbewegung den vorbestimmten Vorhub 24 übersteigt. Dementsprechend kommen die Mitnehmerkonturen 19, 20 miteinander in Eingriff, so dass die erste Düsennadel 7 bei ihrer weitergehenden Hubbewegung die zweite Düsennadel 9 mitnimmt. Durch die Mitnahmebewegung der zweiten Düsennadel 9 hebt diese vom zweiten Dichtsitz 16 ab, so dass auch das wenigstens eine zweite Spritzloch 4 mit dem Düsenraum 26 kommuniziert und dementsprechend Kraftstoff in den Raum 5 eindüsen kann.

35

Zum Beenden des Einspritzvorgangs wird der Aktor so betätigt, dass der Steuerkolben 61 wieder zurückfährt und

dabei das Volumen des zweiten Übersetzerraums 59 wieder
verkleinert. Folglich steigt der Druck dort wieder etwa bis
zu dem in der Zuführungsleitung 25 herrschenden Druck an.
Die Kräftebilanz an der zweiten Düsennadel 7 wird dadurch
5 wieder geändert, so dass eine Schließkraft resultiert,
welche die erste Düsennadel 7 schließt. Spätestens wenn die
erste Düsennadel 7 geschlossen ist, ändert sich auch an der
zweiten Düsennadel 9 die Kräftebilanz dahingehend, dass die
Schließkraft der zweiten Feder 50 überwiegt und auch die
10 zweite Düsennadel 9 schließt.

Auch bei dieser Ausführungsform können die beiden
Düsennadeln 7, 9 mit nur einem einzigen Aktuator gesteuert
werden.

15 Des weiteren ist von besonderer Bedeutung, dass die zweite
Düsennadel 9, keine Druckstufe besitzt, so dass sich die
daran angreifende Kräftebilanz beim Öffnen der ersten
Düsennadel 7 nicht ändert. Desweiteren sind nur relativ
20 kleine Schließkräfte erforderlich, um die zweite Düsennadel
9 in Ihre Schließstellung vorzuspannen und im
Schließzustand zu halten.

In Fig. 3 ist ein drittes Ausführungsbeispiel der
25 erfindungsgemäßen Einspritzdüse 1 dargestellt. Wegen der
Übereinstimmungen mit den ersten beiden
Ausführungsbeispielen hinsichtlich Bauteilen und Funktionen
wird auf das betreffend der Fig. 1 und 2 gesagte verwiesen,
so dass im nachfolgenden lediglich die Unterschiede
30 erläutert werden.

Entsprechend Fig. 3 ist auch bei dieser Ausführungsform zum
Antrieb der ersten Düsennadel 7 ein Übersetzerkolben 68
vorgesehen, der eine zusammen mit der ersten Düsennadel 7
gemeinsam hubverstellbare Einheit bildet. Der
35 Übersetzerkolben 68 besitzt eine erste Fläche 69, die in

einem Steuerraum 70 angeordnet ist und dort einem Druck ausgesetzt werden kann. Die erste Fläche 69 ist dabei von den Spritzlöchern 3, 4 abgewandt, so dass sie bei einer Druckbeaufschlagung in Schließrichtung wirkt. Der Übersetzerkolben 68 enthält in seinem Inneren eine Kolbenführung 71, in der ein Steuerkolben 72 hubverstellbar gelagert ist. Der Steuerkolben 72 ist dabei coaxial im Übersetzerkolben 68 angeordnet. Der Steuerkolben 72 ist über eine Kopplungsstange 73 mit einem Aktor 74 gekoppelt, derart, dass der Aktor 74 über die Kopplungsstange 73 zumindest Druckkräfte auf den Steuerkolben 72 ausüben kann.

Der Steuerkolben 72 weist eine Steuerfläche 75 auf, die ebenfalls im Steuerraum 70 angeordnet und mit einem Druck beaufschlagbar ist. Desweiteren ist der Steuerkolben 72 mittels einer ersten Feder 76 und mittels der zweiten Feder 51 in Richtung einer Verkleinerung des Volumens des Steuerraums 70 angetrieben. Die erste Feder 76 stützt sich dabei zwischen dem Düsenkörper 2 und einem Kolben 77 ab, der mit dem Aktor 74 antriebsverbunden ist. Sofern die drucksteife Kopplung zwischen Aktor 74, Kopplungsstange 73 und Steuerkolben 72 auch Zugkräfte übertragen kann, bewirkt die erste Feder 76 direkt eine Vorspannung des Steuerkolbens 72 in Richtung einer Volumenverkleinerung im Steuerraum 70. Sofern jedoch die Kopplung zwischen Aktor 74, Kopplungsstange 73 und Steuerkolben 72 keine Zugkräfte übertragen kann, bewirkt die erste Feder 76 lediglich eine Rückstellung des Aktors 74 und somit eine Druckentlastung des Steuerkolbens 72, wodurch die Vorspannung der zweiten Feder 51 stärker in Richtung einer Volumenreduzierung im Steuerraum 70 wirken kann.

Bei der hier gezeigten Ausführungsform weist die Einspritzdüse 1 außerdem einen Befüllungsraum 78 auf, der hier die Kopplungsstange 73 ringförmig umschließt. Dieser Befüllungsraum 78 kommuniziert über eine Bohrung 79 mit der

5 Zuführungsleitung 25. Bezüglich der Hubrichtung ist
zwischen dem Befüllungsraum 78 und dem Steuerraum 70 eine
Kopplungsstangenführung 80 vorgesehen, welche die
Kopplungsstange 73 axial führt. Der Steuerraum 70 wird aus
dem Befüllungsraum 78 gespeist. Zu diesem Zweck ist radial
zwischen der Kopplungsstange 73 und der
Kopplungsstangenführung 80 ein Drosselpfad 81 ausgebildet,
der den Steuerraum 70 mit dem Befüllungsraum 78
kommunizierend, jedoch gedrosselt verbindet. In einem
10 statischen Zustand bzw. bei langsamen Bewegungen kann sich
über den Drosselpfad 81 ein Druckausgleich zwischen dem
Befüllungsraum 78 und dem Steuerraum 70 einstellen, so dass
im Steuerraum 70 derselbe Druck herrscht wie in der
Zuführungsleitung 25. Bei schnellen, also dynamischen
15 Bewegungen des Steuerkolbens 72 kann über den Drosselpfad
81 der Druck zwischen Befüllungsraum 78 und Steuerraum 70
nicht schnell genug ausgeglichen werden, was zur Steuerung
der Düsenadeln 7, 9 genutzt werden kann.

20 Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 3 stützt sich die zweite
Feder 51 im Unterschied zu den Ausführungsformen der Fig. 1
und 2 nicht direkt am Düsenkörper 2, sondern am
Steuerkolben 72 ab. Dementsprechend bewirkt die zweite
Feder 51 einerseits eine Vorspannung der zweiten Düsenadel
25 9 in deren Schließstellung und andererseits eine
Vorspannung des Steuerkolbens 72 in Richtung einer
Volumenreduzierung des Steuerraums 70. Jedoch sind auch bei
der hier gezeigten Ausführungsform die zweite Feder 51 und
die Mitnehmerkonturen 19, 20 im ersten Leckageraum 45
30 untergebracht. Der erste Leckageraum 45 kommuniziert über
wenigstens eine Bohrung 82 mit einem zweiten Leckageraum
83. Bei dieser Ausführungsform kommuniziert nicht der erste
Leckageraum 45, sondern der zweite Leckageraum 83 über eine
Leckageleitung 84 mit dem relativ drucklosen Reservoir.

Die zweite Feder 51 stützt sich dabei an einer Stützseite 85 des Steuerkolbens 72 ab, die den Spritzlöchern 3, 4 zugewandt und somit von der Steuerfläche 75 abgewandt ist.

5 Die erfindungsgemäße Einspritzdüse 1 entsprechend der Ausführungsform gemäß Fig. 3 arbeitet wie folgt:

10 In der in Fig. 3 gezeigten Ausgangsstellung herrscht im Steuerraum 70 der selbe Druck wie in der Zuführungsleitung 25. Die Kräftebilanz an der ersten Düsennadel 7 ist dabei so bemessen, dass eine resultierende Kraft in Schließrichtung wirkt.

15 Wenn nun eine Einspritzung durch das wenigstens eine erste Spritzloch 3 durchgeführt werden soll, wird der Aktor 74 so betätigt, dass dieser entsprechend dem Pfeil 67 eine Hubbewegung durchführt. Über die Kopplungsstange 73 wird der Hub des Aktors 74 in einen Hub des Steuerkolbens 72 übertragen. Der Hub des Steuerkolbens 72 bewirkt eine
20 Verschiebung der Steuerfläche 75, wodurch sich das Volumen des Steuerraums 70 vergrößert. Da diese Volumenänderung sehr schnell erfolgt, kann durch den Drosselpfad 81 nicht rasch genug Kraftstoff nachströmen, so dass im Steuerraum 70 ein Unterdruck entsteht. Der Druckabfall im Steuerraum
25 70 hat eine Änderung der Kräftebilanz an der ersten Düsennadel 7 zur Folge, derart, dass nunmehr die in Öffnungsrichtung wirksamen Kräfte der Druckstufe der ersten Düsennadel 7 überwiegen. An der ersten Düsennadel 7 stellt sich somit eine in Öffnungsrichtung wirksame resultierende
30 Kraft ein, so dass die erste Düsennadel 7 vom ersten Dichtsitz 12 abhebt. In der Folge kommuniziert das wenigstens eine erste Spritzloch 3 mit dem Düsenraum 26 und kann Kraftstoff in den Raum 5 eindüsen. Solange die Kraftstoffeindüsung nur durch das wenigstens eine erste
35 Spritzloch 3 durchgeführt werden soll, erfolgt die Betätigung des Aktors 74 bzw. die Ansteuerung des

Steuerkolbens 72 so, dass der Öffnungshub der ersten
Düsennadel 7 kleiner ist als der vorbestimmte Vorhub 24.

5 Wenn nun pro Zeiteinheit mehr Kraftstoff in den Raum 5
eingedüst werden soll, kann es erforderlich sein,
zusätzlich durch das wenigstens eine zweite Spritzloch 4
Brennstoff in den Brennraum 5 einzudüsen. Um dies zu
ermöglichen, wird der Aktor 74 zu einer weitergehenden
Hubvestellung angesteuert, so dass auch der damit
10 gekoppelte Steuerkolben 72 eine weitergehende Hubbewegung
durchführt. Dies hat zur Folge, dass die erste Düsennadel 7
noch weiter vom ersten Dichtsitz abhebt und den
vorgegebenen Vorhub 24 überschreitet. Hierbei kommt es
wieder zum gewünschten Zusammenwirken der beiden
15 Mitnehmerkonturen 19, 20, so dass die über den Vorhub 24
hinausgehende Öffnungshubbewegung der zweiten Düsennadel 7
die erste Düsennadel 9 mitnimmt. Dementsprechend hebt die
zweite Düsennadel 9 vom zweiten Dichtsitz 16 ab, so dass in
der Folge das wenigstens eine zweite Spritzloch 4 ebenfalls
20 mit dem Düsenraum 26 kommuniziert und Kraftstoff in den
Raum 5 eindüsen kann.

Zum Beenden des Einspritzvorgangs wird der Aktor 74 zum
Zurückstellen des Steuerkolbens 72 angesteuert, was durch
25 die erste Feder 76 unterstützt werden kann. Gleichzeitig
unterstützt auch die zweite Feder 51 die Rückstellbewegung
des Steuerkolbens 72. Die zweite Feder 51 treibt dabei
gleichzeitig die zweite Düsennadel 9 in deren
Schließstellung an.

30 Auch bei dieser Ausführungsform kann mit nur einem einzigen
Aktor 74 bedarfsabhängig nur die erste Düsennadel 7 oder
zuerst die erste Düsennadel 7 und anschließend die zweiten
Düsennadel 9 zum Öffnen angesteuert werden.

5

Ansprüche

1. Einspritzdüse für eine Brennkraftmaschine,
10 - mit einem Düsenkörper (2), der wenigstens ein erstes
Spritzloch (3) und wenigstens ein zweites Spritzloch (4)
aufweist,
- mit einer in einer ersten Nadelführung (6) des
Düsenkörpers (2) geführten, als Hohl-nadel ausgebildeten
15 ersten Düsennadel (7),
- mit einer koaxial zur ersten Düsennadel (7) angeordneten
zweiten Düsennadel (9),
- wobei mit der ersten Düsennadel (7) die Einspritzung von
Kraftstoff durch das wenigstens eine erste Spritzloch
20 (3) steuerbar ist,
- wobei mit der zweiten Düsennadel (9) die Einspritzung
von Kraftstoff durch das wenigstens eine zweite
Spritzloch (4) steuerbar ist,
dadurch gekennzeichnet,
25 dass an der ersten Düsennadel (7) eine erste
Mitnehmerkontur (19) ausgebildet ist, die beim Öffnen der
ersten Düsennadel (7) nach einem vorbestimmten Vorhub (24)
mit einer an der zweiten Düsennadel (9) ausgebildeten
zweiten Mitnehmerkontur (20) zusammenwirkt und bei einer
30 über den Vorhub (24) hinausgehenden Öffnungsbewegung der
ersten Düsennadel (7) die zweite Düsennadel (9) zum Öffnen
mitnimmt.
2. Einspritzdüse nach Anspruch 1,
35 dadurch gekennzeichnet,

dass die Mitnehmerkonturen (19, 20) in einem im ersten Leckageraum (45) miteinander zusammenwirken.

3. Einspritzdüse nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die zweite Düsennadel (9) keine Druckstufe besitzt.

4. Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,

- dass zum Antrieb der ersten Düsennadel (7) ein Übersetzerkolben (28) vorgesehen ist, der in einem Kompensatorraum (30) eine bei Druckbeaufschlagung in Schließrichtung wirksame erste Fläche (29) und in einem ersten Steuerraum (34) eine bei Druckbeaufschlagung in Öffnungsrichtung wirksame zweite Fläche (33) aufweist,
- dass der Kompensatorraum (30) mit einer Zuführungsleitung (25) kommuniziert, die den Spritzlöchern (3, 4) unter Hochdruck stehenden Kraftstoff zuführt,
- dass der erste Steuerraum (34) mit einem zweiten Steuerraum (36) kommuniziert, in dem ein Aktorkolben (38) eine dritte Fläche (37) aufweist.

5. Einspritzventil nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,

- dass der Übersetzerkolben (28) zusammen mit der ersten Nadel (7) eine gemeinsam hubverstellbare Einheit bildet,
- dass die erste Mitnehmerkontur (19) am Übersetzerkolben (28) ausgebildet ist.

6. Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,

- dass zum Antrieb der ersten Düsennadel (7) ein Übersetzerkolben (51) vorgesehen ist, der in einem ersten Übersetzerraum (53) eine bei Druckbeaufschlagung in Schließrichtung wirksame erste Fläche (52) aufweist und in

einem zweiten Leckageraum (55) mit einer ersten Feder (54) in Öffnungsrichtung vorgespannt ist.

7. Einspritzdüse nach Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Übersetzerkolben (51) wenigstens eine Bohrung (57) aufweist, durch welche der zweite Leckageraum (55) mit dem ersten Leckageraum (45) kommuniziert.

8. Einspritzdüse nach Anspruch 6 oder 7,

dadurch gekennzeichnet,

- dass ein Steuerkolben (61) vorgesehen ist, der in einem Steuerraum (63) eine Vorhubfläche (62) und in einem zweiten Übersetzerraum (59) eine Rückhubfläche (60) aufweist,

- dass der Steuerraum (63) mit einer Zuführungsleitung (25) kommuniziert, die den Spritzlöchern (3, 4) unter Hochdruck stehenden Kraftstoff zuführt,

- dass die Rückhubfläche (60) und die Vorhubfläche (62) an gegenüberliegenden Seiten des Steuerkolbens (61) angeordnet sind,

- dass der Steuerkolben (61) den Steuerraum (63) vom zweiten Übersetzerraum (59) trennt,

- dass der erste Übersetzerraum (53) mit dem zweiten Übersetzerraum (59) kommuniziert.

9. Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 6 bis 8,

dadurch gekennzeichnet, dass der Steuerraum (63) über einen Drosselpfad (66) mit dem zweiten Übersetzerraum (59) kommuniziert.

10. Einspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,

- dass zum Antrieb der ersten Düsennadel (7) ein Übersetzerkolben (68) vorgesehen ist, der in einem

Steuerraum (70) eine bei Druckbeaufschlagung in
Schließrichtung wirksame erste Fläche (69) aufweist,
- dass ein Steuerkolben (72) vorgesehen ist, der im
Steuerraum (70) eine Steuerfläche (75) aufweist und
mittels eines Aktors (74) zur Vergrößerung des Volumens
im Steuerraum (70) antreibbar ist.

11. Einspritzventil nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Steuerkolben (72) coaxial im Übersetzerkolben (68)
geführt ist.

12. Einspritzventil nach Anspruch 10 oder 11,
dadurch gekennzeichnet,
- dass der Steuerraum (70) aus einem Befüllungsraum (78)
gespeist ist, der mit einer Zuführungsleitung (25)
kommuniziert, die den Spritzlöchern (3, 4) unter
Hochdruck stehenden Kraftstoff zuführt,
- dass der Steuerraum (70) über einen Drosselpfad (81) mit
dem Befüllungsraum (78) kommuniziert.

13. Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 10 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass die zweite Düsennadel (9) mit einer zweiten Feder (50)
in Schließrichtung vorgespannt ist, die sich einenends an
der zweiten Düsennadel (9) und anderenends an einer von der
Steuerfläche (75) abgewandten Stützseite (85) des
Steuerkolbens (72) abstützt.

5

10

Zusammenfassung

15

20

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Einspritzdüse (1) für eine Brennkraftmaschine, umfassend einen Düsenkörper (2), der wenigstens ein erstes Spritzloch (3) und wenigstens ein zweites Spritzloch (4) aufweist, eine in einer ersten Nadelführung (6) des Düsenkörpers (2) geführte, als Hohlneedle ausgebildete erste Düsennadel (7), mit der die Einspritzung von Kraftstoff durch das wenigstens eine erste Spritzloch (3) steuerbar ist, sowie eine koaxial zur ersten Düsennadel (7) angeordnete zweite Düsennadel (9), mit der die Einspritzung von Kraftstoff durch das wenigstens eine zweite Spritzloch (4) steuerbar ist.

25

30

Um die Ansteuerung der zweiten Düsennadel (9) zu vereinfachen, ist an der ersten Düsennadel (7) eine erste Mitnehmerkontur (19) ausgebildet, die beim Öffnen der ersten Düsennadel (7) nach einem vorbestimmten Vorhub (24) mit einer an der zweiten Düsennadel (9) ausgebildeten zweiten Mitnehmerkontur (20) zusammenwirkt und bei einer über den Vorhub (24) hinausgehenden Öffnungsbewegung der ersten Düsennadel (7) die zweite Düsennadel (9) zum Öffnen mitnimmt.

35

(Fig. 1)

FIG. 2

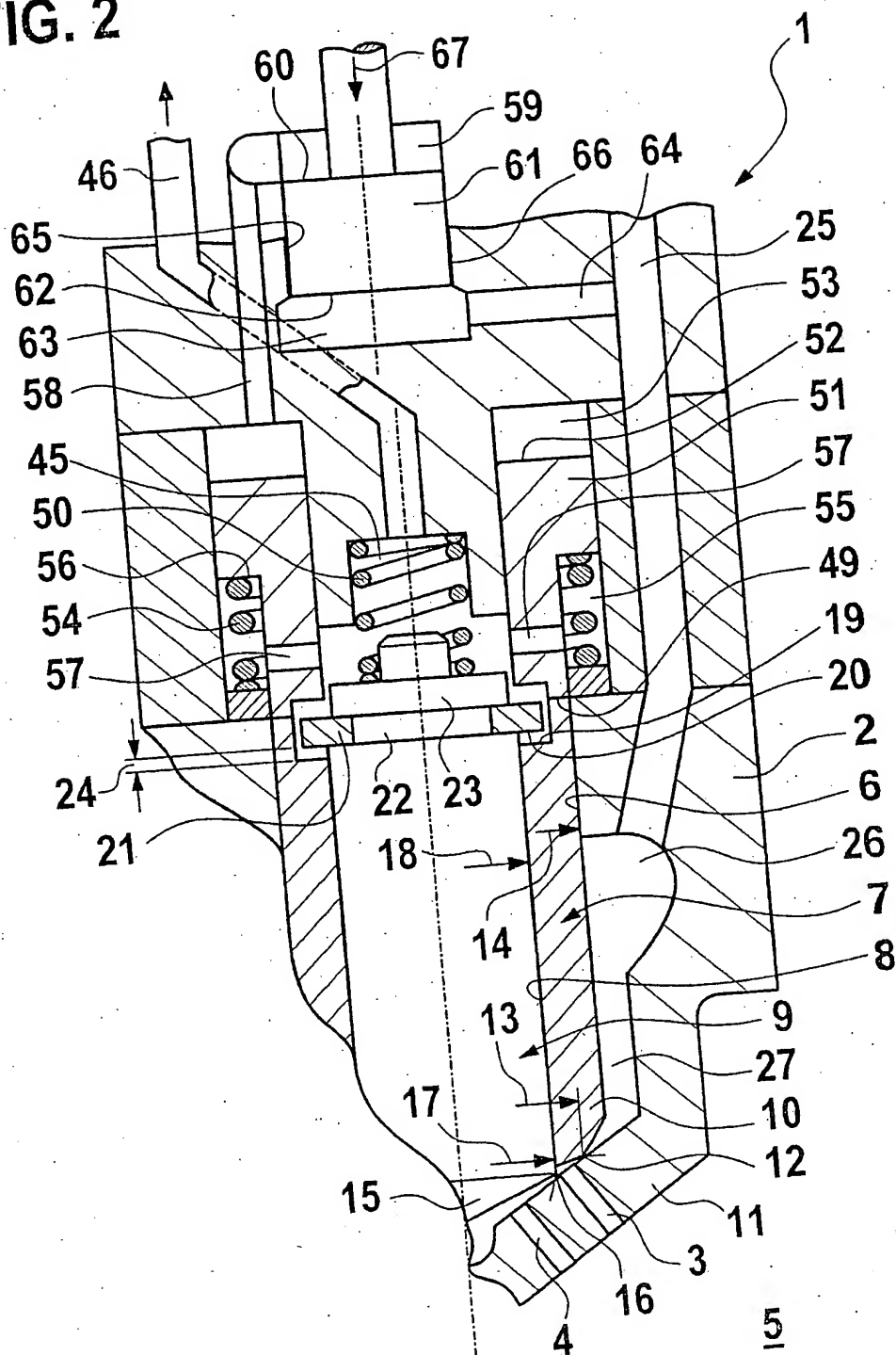


FIG. 3

